



Quatre coupes à travers les Alpes franco-italiennes.

Pierre Termier

► To cite this version:

Pierre Termier. Quatre coupes à travers les Alpes franco-italiennes.. Bulletin de la Société Géologique de France, 1903, 2, pp.411-433. insu-00583204

HAL Id: insu-00583204

<https://hal-insu.archives-ouvertes.fr/insu-00583204>

Submitted on 5 Apr 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

QUATRE COUPES

A TRAVERS

LES ALPES FRANCO-ITALIENNES

par M. Pierre TERMIER.

(PLANCHES XII-XIII).

Les quatre coupes que je présente ici, et dont les pages qui vont suivre forment en quelque sorte la légende, résument fidèlement les résultats de douze années d'explorations géologiques dans divers massifs des Alpes Occidentales. la Vanoise, la Haute-Maurienne, les Grandes-Rousses, la chaîne de Belledonne, le Pelvoux, le Briançonnais. Elles sont faites, pour le surplus, des observations, les unes publiées, d'autres encore inédites, de mes collaborateurs et amis, MM. Marcel Bertrand, W. Kilian et Pierre Lory, et de mes collègues italiens, MM. Zaccagna, Mattiolo, Franchi, Novarese et Stella. Les études géologiques, d'un côté comme de l'autre de la frontière, ont été poussées si loin pendant la dernière période décennale, que je ne crains pas de regarder comme à peu près définitifs, au moins quant aux grandes lignes, les tracés de ces coupes qui sont relatifs aux terrains *existants*, c'est-à-dire aux terrains que l'on connaît à la surface du sol, ou dont la présence, à une faible profondeur, est certaine. Le reste, c'est-à-dire les lignes du dessin qui correspondent aux terrains enlevés par l'érosion, est, naturellement, hypothétique et discutable.

Je parlerai d'abord des terrains *existants*. Je les ai distingués, sur les coupes, par trois teintes différentes et deux figurés noirs.

La teinte rose représente les micaschistes, gneiss et schistes métamorphiques, et les roches massives subordonnées, qui affleurent dans la chaîne de Belledonne et dans les massifs des Grandes-Rousses et du Pelvoux. Il n'est pas douteux que ces terrains cristallins ne se prolongent, à l'est, sous le Briançonnais et sous l'immense masse des assises cristallines permo-carbonifères. Le retour du granite (type Pelvoux), sous la forme d'une mince lame insérée parmi les écaillés briançonnaises, au Plan-de-Phazy, montre

que le faciès Pelvoux, dans ces terrains cristallins, va très loin vers l'est. Plus loin, c'est-à-dire sous le Permo-carbonifère du Piémont, on ne sait plus rien, ni de l'allure, ni de la composition de la série anté-houillère. A Belledonne et dans le Pelvoux, c'est-à-dire là où cette série affleure, et où l'on peut l'étudier à son aise, rien n'indique son âge; et l'on sait seulement qu'elle est anté-houillère, et qu'elle contient, dans de rares bancs de conglomérats, des galets d'une série cristallophyllienne plus ancienne, qui n'affleure plus nulle part.

La teinte bleue est relative aux terrains secondaires, sauf les Schistes lustrés. Je n'ai pas distingué les deux faciès, *briançonnais* et *dauphinois* (Em. Haug), de ces terrains, M. Kilian ayant, depuis quelques années, fortement établi qu'il existe, d'un faciès à l'autre, un passage graduel.

Par contre, j'ai affecté une teinte spéciale aux Schistes lustrés, c'est-à-dire à ce que j'ai appelé, l'année dernière, la *série cristallophyllienne mésozoïque*. L'âge mésozoïque a été définitivement démontré par M. Franchi; mais c'est un âge maximum. Je crois que la formation des Schistes lustrés a duré du Trias supérieur à l'Eocène, et qu'il y a des Schistes lustrés tertiaires, dans la zone du Piémont comme en Suisse.

Le quadrillé noir désigne les terrains houiller et permien, et les assises cristallophylliennes qui remplacent peu à peu ces terrains du côté de l'est.

Enfin le ponctué noir représente, là où l'échelle de la coupe en a permis l'indication, le calcaire nummulitique (avec les brèches et les conglomérats associés) et les puissants dépôts du Flysch. Sur les quatre coupes, ces terrains tertiaires (Eocène supérieur et Oligocène inférieur) ont l'air d'être confinés dans un étroit synclinal, à l'ouest du Briançonnais. Ce synclinal, c'est la *zone de l'Embrunais et des Aiguilles d'Arves*, de M. Em. Haug, ou encore ce que j'ai appelé la *zone du Flysch*. En réalité, il y a, dans le Briançonnais, en dehors de ce synclinal, soit sur le sommet de l'*éventail*, soit dans la série des écaillies occidentales, de nombreux lambeaux de Flysch, mais qui sont trop petits pour figurer utilement dans des coupes à 1/320.000. Le *géosynclinal* oligocène comprenait donc le Briançonnais tout entier; et je crois même qu'il embrassait une forte partie de la région des Schistes lustrés. Cependant, il ne faut pas oublier qu'il y a, dans le Flysch du Briançonnais, des conglomérats à galets de roches vertes et de micaschistes (roches vertes et micaschistes provenant certainement des Schistes lustrés), et qu'ainsi, à l'époque oligocène, le géosyn-

clinal allait en se rétrécissant, et en se morcelant dans sa région orientale. La découverte de ces conglomérats dans le Flysch *en place*, près de Guillestre et près du Mont-Genèvre, est due à M. Kilian. C'est une découverte très importante.

Sur le bord des chaînes subalpines, j'ai dessiné, schématiquement, les plis *hésitants*, si curieux, décrits dans ces dernières années par MM. Kilian et P. Lory. Les phénomènes d'étirement et de laminage, encore très sensibles dans les plis marginaux de Belledonne, disparaissent presque complètement à peu de distance à l'ouest. Tout montre que cette région a été beaucoup moins pressée que la région des chaînes alpines, et qu'elle a été soumise à des efforts moins continus, moins ordonnés, plus capricieux, parfois discordants.

La chaîne de Belledonne est bien singulière. Sa coupe est celle d'une large voûte sur laquelle sont venus se coucher les plis de l'Oisans, et qui a résisté, soit à la striction primitive, soit au déversement final. M. Lugeon m'a suggéré l'idée que cette voûte pouvait n'être qu'une apparence, et dissimuler la *carapace* d'une nappe. Après examen attentif, je suis convaincu qu'il n'en est rien, et que la chaîne de Belledonne, tout entière, est *en place*. Mais elle n'a pas partout au même degré ce privilège de stabilité, qui est si frappant dans la région voisine de Grenoble. Son bord ouest est d'ailleurs, à peu près partout, moins résistant que sa zone axiale, sans doute parce que ce bord est formé de micaschistes, beaucoup plus tendres et plus compressibles que les *gneiss basiques* qui constituent la région centrale. Sur la plus méridionale des quatre coupes (celle qui va de l'Obiou à Fenile), la chaîne de Belledonne se dissimule en profondeur. Son passage, dans cette partie des Alpes, est jalonné par les deux bombements cristallins d'Aspres-lez-Corps.

A l'est de la chaîne de Belledonne, vient le pays à structure isoclinale que j'ai décrit dans ma monographie des Grandes-Rousses et dans ma note sur la tectonique du massif du Pelvoux, et qui va se prolongeant, au nord, *en se rétrécissant beaucoup*, dans les montagnes calcaires, décrites par M. Kilian, et comprises entre l'Arc et l'Isère. Le petit massif cristallin du Rocheray, près de Saint-Jean-de-Maurienne, appartient certainement au prolongement septentrional du bord ouest du Pelvoux. Plus loin vers le nord, c'est dans les plis qui s'enracinent entre le Mont-Joli et le Mont-Blanc, et c'est aussi dans le massif du Mont-Blanc lui-même, qu'il faut chercher le prolongement de la zone du Pelvoux, de nou-

veau très élargie. Les affleurements cristallins de cette zone sont dus à des surélévations locales des faisceaux de plis, et ces surélévations locales, dans les divers faisceaux parallèles, semblent s'ordonner suivant des anticlinaux sensiblement *orthogonaux* à la zone, séparés par de profondes dépressions. J'ai montré, dès 1893, l'existence de ce système orthogonal dans la région des Grandes-Rousses. La même loi se vérifie encore, au moins approximativement, dans le Pelvoux. M. Lugeon et, plus récemment, M. Pierre Lory, ont observé d'autres confirmations de cette ordonnance quasi-géométrique des plis transversaux.

Le trait caractéristique des plis de la zone du Pelvoux, c'est que, la plupart du temps, leurs racines dans les terrains cristallins sont verticales, et que, à très peu de distance au-dessus de leurs racines, ces plis se couchent brusquement vers l'ouest, parfois jusqu'à l'horizontale. Si l'érosion n'avait pas autant diminué la chaîne de Belledonne, on y verrait, sans nul doute, posé sur le dôme cristallin, un empilement de plis horizontaux, semblable à l'empilement du Mont-Joli décrit par MM. Marcel Bertrand et Ritter. En tout cas, rien, dans la zone du Pelvoux, n'indique la plus légère tendance à un déversement des plis vers l'est. Les massifs cristallins de cette zone ne sont point construits en éventail, pas plus le Mont-Blanc que le Pelvoux. Toutes les méprises commises à cet égard sont dues à des observations trop locales, où l'on a vu des couches verticales, ou quasi-verticales, *pousser au vide* sur le flanc d'une vallée. La zone Pelvoux-Mont-Blanc est une zone isoclinale, aujourd'hui faisceau de racines droites ou peu déversées, autrefois origine commune de nombreux plis couchés et même de nappes à long cheminement.

J'ai montré, en 1896, l'intensité du plissement dans le Pelvoux. La multiplicité des plis parallèles est parfois extraordinaire. Il y a de curieux phénomènes d'étirement et de larges suppressions d'étages. L'effort orogénique a été, ici, incomparablement plus grand que dans les chaînes subalpines, et même que dans la région marginale de Belledonne. Mais ce n'est rien encore, à côté de l'intensité que cet effort a atteinte dans le Briançonnais.

Les terrains tertiaires de la *zone de l'Embrunais et des Aiguilles d'Arves* plongent également vers l'est, s'enfonçant ainsi sous les terrains briançonnais. Sur le bord ouest de cette zone, les phénomènes de glissement sont, en général, peu importants. Ainsi, le long de la lisière orientale du Pelvoux, les premières assises tertiaires reposent encore, visiblement, sur les assises qui leur ont servi de substratum au moment de leur sédimentation. Au con-

traire, le bord oriental du synclinal de Flysch est la trace sur le sol d'une surface de chevauchement, dans laquelle les glissements et les étirements d'assises ont été très fréquents et très intenses; et c'est pour cela qu'il y a, de part et d'autre de la zone du Flysch, malgré sa faible largeur, de si fortes différences entre les faciès des divers termes de la série secondaire.

Cette surface de glissement est d'ailleurs loin d'être la seule. M. Haug en a signalé d'autres en pleine zone du Flysch, dans le pays d'Embrun, au long desquelles on voit affleurer des lambeaux de Trias ou de Malm, véritables lames, insérées dans la masse des terrains tertiaires. Et dès que, dépassant le bord est de la zone du Flysch, on pénètre dans le Briançonnais, les surfaces de glissement se multiplient; il n'y a plus que des contacts anormaux, rapprochant des assises qui étaient, originairement, à plusieurs centaines de mètres, parfois même à *plus de mille mètres* l'une de l'autre. Le Briançonnais, à l'ouest de l'éventail, est un *paquet d'écailles* qui ont glissé, plus ou moins, mais toujours beaucoup, les unes sur les autres, et qui sont séparées, çà et là, par des lambeaux, discontinus et toujours très minces, de séries renversées. J'ai compté, en 1898, dans les montagnes comprises entre Briançon et Vallouise, trois écailles superposées. Sur la plus haute reposent, tout au sommet de l'éventail, des lambeaux d'une nappe de recouvrement venue de l'est: c'est ce que j'ai appelé la *quatrième écaille briançonnaise*, et je m'expliquerai un peu plus loin au sujet de cette quatrième écaille. Les diverses écailles briançonnaises sont d'ailleurs ondulées et même plissées, et ces plissements secondaires peuvent être très aigus. M. Kilian a décrit la même structure en écailles, et de pareilles ondulations, dans le paquet d'écailles, aux environs de Guillestre, également à l'ouest de l'éventail. Tous ces faits sont désormais acquis, et il n'y a plus entre nous, à cet égard, le moindre désaccord.

Il y a eu un désaccord, et qui a subsisté longtemps, au sujet de l'origine d'une semblable structure. J'ai proposé, en 1899, pour rendre compte des écailles briançonnaises, l'hypothèse d'un charriage antérieur à la formation de l'éventail. La zone des Schistes lustrés, tout entière, eût été, dans cette hypothèse, une nappe venue de l'est, chevauchant une série de *lames de charriage* poussées par elle, et faisant glisser ces lames sur la zone du Flysch. Après la constitution du paquet de lames, ce paquet eût été plissé, et plissé en éventail, les plis occidentaux se couchant vers la France, les plis orientaux vers l'Italie. La *quatrième écaille* — terrains cristallins et conglomérats de l'Eychauda, de Serre-

Chevalier et de Prorel — eût alors été un témoin de la nappe de Schistes lustrés, c'est-à-dire de la nappe générale dont la translation vers l'est aurait précédé le dernier plissement de la région. J'indiquais toutefois qu'une autre hypothèse était admissible, réduisant le système charrié à la seule *quatrième écaille*, et donnant à l'éventail briançonnais un enracinement sur place. On peut voir, dans le Livret-guide du Congrès géologique international de 1900 (excursion XIII^d), deux coupes superposées, mettant en parallèle les deux hypothèses.

Après de longues controverses, M. Kilian m'a convaincu de l'enracinement de l'éventail briançonnais : et j'ai peu à peu abandonné, et je rejette aujourd'hui tout-à-fait, l'hypothèse du charriage de la *zone des Schistes lustrés*. Comme l'a montré mon savant contradicteur, la zone des Schistes lustrés, celle du Briançonnais, celle du Flysch, ne sont pas plus indépendantes les unes des autres, que cette dernière ne l'est de la zone du Pelvoux. Si l'on suit, avec une suffisante persévérance, le bord de deux de ces zones, on observe, ici ou là, des plis où les terrains des zones se mêlent, et des plis qui, d'une zone, passent dans la zone voisine. Nulle part, sauf dans la *quatrième écaille*, les Schistes lustrés n'apparaissent avec la soudaineté qu'il faudrait pour qu'on pût légitimement les considérer comme charriés. Il y a eu, sans doute, entre les diverses écaillles qui s'empilent à l'ouest de l'éventail, des glissements considérables et de grands déplacements relatifs. Mais des glissements et des déplacements très comparables ont été, depuis longtemps, observés et signalés par M. Haug dans la *zone du Flysch*. Et la présence d'une lame de *granite du Pelvoux*, au Plan-de-Phazy, dans un système de lames où le Flysch se mêle aux terrains briançonnais, achève de montrer l'étroite solidarité des quatre zones.

Je tiens donc aujourd'hui, avec M. Kilian, et avec M. Haug, les écaillles briançonnaises — sauf la *quatrième écaille*, ou, ce qui est la même chose, les lambeaux Eychauda-Prorel — pour des plis couchés, qui ont longuement glissé les uns sur les autres, et dont les flancs inverses ont ainsi, en grande partie, disparu. Ces plis forment un paquet, fortement laminé après sa constitution, et qui, dans ce laminage, a été ondulé, et même, çà et là, énergiquement plissé. *Leurs racines sont toutes situées à l'ouest de l'éventail.*

Il résulte de là que, dans la région des Alpes occidentales, qui s'étend entre la plus septentrionale et la plus méridionale de mes quatre coupes, *tous les terrains actuellement visibles, tous les plis actuellement observables, sont autochtones, sauf les terrains de*

la quatrième écaille briançonnaise, c'est-à-dire les lambeaux Eychauda-Prorel.

Qu'il y ait eu, comme le croit M. Lugeon et comme je le crois aussi, d'énormes charriages par dessus ce que nous appelons aujourd'hui la chaîne des Alpes, ou que les déplacements horizontaux, dans les Alpes, aient été beaucoup plus restreints et d'importance secondaire, je tiens désormais pour évident que les chaînes françaises et italiennes, au sud de l'Isère et au sud de la Doire-Baltée, sont entièrement autochtones, à l'exception des lambeaux Eychauda-Prorel. La chaîne de Belledonne, *tout entière*, est *en place*; *en place* aussi le Pelvoux et le Mont-Blanc; *en place* encore, sauf les glissements relatifs des écaillles, la longue et large bande permo-carbonifère. A fortiori, les chaînes subalpines françaises et les chaînes du Jura doivent-elles être tenues pour autochtones.

Mais, si l'éventail briançonnais est réellement enraciné, il est incontestablement très déformé, du moins dans la région comprise entre l'Arc et le Guil. La troisième et la quatrième de mes coupes ne laissent, à cet égard, aucun doute. Il est très vraisemblable que le Flysch de l'Embrunais et des Aiguilles d'Arves se prolonge très loin, vers l'est, sous les écaillles briançonnaises. Un puits, foré à Briançon, rencontrerait probablement, sous le Houiller, les assises oligocènes. M. Haug me disait récemment qu'il avait, au sujet de Guillestre, la même impression, et qu'il croyait à l'existence du Flysch, en profondeur, sous la nappe d'andésite (probablement permienne) des gorges du Guil. En tout cas, le synclinal de Flysch va au moins jusqu'à la Durance, par dessous le paquet des écaillles qui le chevauchent.

Des Schistes lustrés, je ne dirai que peu de chose. M. Marcel Bertrand a montré qu'en Maurienne ces assises cristallophylliennes sont partout superposées au Trias briançonnais. J'ai constaté la même superposition dans les hautes vallées piémontaises, et, en particulier, dans le Val Savaranche. M. Kilian a vu, de même, dans le Queyras et dans les montagnes qui avoisinent le Mont-Genèvre, les Schistes lustrés reposer sur les termes les plus élevés du Trias. Enfin, comme chacun sait, M. Franchi a trouvé, en divers points du Piémont, des fossiles du Trias supérieur ou du Lias dans des calcaires affleurant, sous forme d'anticlinaux parfaitement nets, au-dessous des Schistes lustrés. La question d'âge est donc tranchée, du moins en ce qui concerne la limite lointaine de l'âge. Les Schistes lustrés sont, en grande partie, mésozoïques : voilà qui est certain. Je crois aussi, mais sans pouvoir le démontrer

encore, que la partie haute de cette série cristallophyllienne est éocène. L'épaisseur totale est formidable, et atteint probablement *plusieurs milliers* de mètres. J'ai dit, l'an dernier, dans deux notes à l'Académie des Sciences, ce que je pense des roches intrusives des Schistes lustrés, et de leur relation avec les gneiss, micaschistes et amphibolites de la série, et même avec la cristallinité générale. Je résume ici brièvement ces notes.

La série des Schistes lustrés, ou *série cristallophyllienne mésozoïque*, est formée de *calcschistes* à séricite, rutilé, ilménite et quartz, de calcaires plus ou moins cristallins, de schistes siliceux ; et elle comprend aussi des micaschistes, des gneiss et des amphibolites, et d'innombrables amas de roches vertes. *Il n'est pas, dans les Schistes lustrés, une seule assise qui ne soit cristalline.* Cependant, le métamorphisme est inégal. Ce métamorphisme n'est certainement pas d'origine dynamique : ce n'est pas du *dynamo-métamorphisme*. Les actions mécaniques *déforment* souvent ; elles ne *transforment* que bien rarement et de façon toute locale. Et je n'hésite pas à dire, aujourd'hui, qu'il n'y a pas de métamorphisme *régional* qui soit du *dynamo-métamorphisme*.

Les micaschistes, les gneiss et les amphibolites des Schistes lustrés sont, à n'en pas douter, des sédiments transformés. Il en est de même, bien entendu, des calcschistes, qui forment la plus grande partie de la série. Je n'imagine, pour expliquer le métamorphisme de ces assises, que deux théories.

On peut faire appel au *recuit en profondeur, sans apport plutonien*. Mais alors, pour rendre compte de la richesse en alcalis et en magnésie de beaucoup d'assises (gneiss, micaschistes et amphibolites), il faut admettre une longue intervention *volcanique*, contemporaine de la sédimentation. Les assises riches en alcalis et en magnésie seraient des *tufs volcaniques sous-marins*, qui auraient alterné, à l'origine, avec les boues argileuses et calcaires. De cette longue intervention volcanique, il ne resterait aucune trace. Aucune cheminée n'a été observée, ni dans les calcschistes, ni dans le Permo-carbonifère ou le Trias sous-jacents. Nulle part, on ne voit rien qui ressemble à un tuf, et quant aux roches éruptives, elles forment des amas, non des coulées, et leur structure, même au Mont-Genèvre, est celle de roches abyssiques ou hypo-abyssiques, non de roches volcaniques.

La deuxième théorie me paraît plus séduisante : c'est la théorie *plutonienne*. Les amas *intrusifs* de gabbros, de péridotites ou de diabases, les intercalations de micaschistes, de gneiss et d'amphibolites variées, et enfin la cristallinité générale des assises, seraient

des effets différents d'une seule et même cause : la filtration tranquille, *per ascensum*, de vapeurs, au travers de la formation sédimentaire. En général, les conditions étaient telles qu'au contact des vapeurs les assises n'avaient aucune tendance à fondre. Tout autour des *colonnes filtrantes*, le métamorphisme s'étalait, vaste tache d'huile, dans le plan des couches, et de façon très inégale suivant la perméabilité. Mais, peu à peu, au cours de leur ascension, les fluides devenaient moins légers et la filtration se faisait moins facile : et il se formait, çà et là, *dans l'épaisseur du filtre*, des accumulations de magmas liquides, sortes de *laccolites* sans cheminée, grossièrement interstratifiés, de toutes formes et dimensions, remplis eux-mêmes de roches diverses, en fusion aqueuse ou ignée suivant leur nature. La nature de ces roches dépendait uniquement des pertes subies, en chaque point, par la colonne filtrante. Presque toujours, c'étaient des roches basiques, résidu magnésien, calcique et ferreux d'une *liquéfaction* de la colonne filtrante : tandis que les autres éléments (silice et alcalis) provenant de la même liquéfaction, s'en allaient, à peu de distance, former des micaschistes ou des gneiss aux dépens des argiles et des grès. On s'explique ainsi que les gneiss, micaschistes et amphibolites, se présentent parfois comme l'auréole, prodigieusement étalée, d'une roche intrusive basique, et que, d'autres fois, la roche basique soit incluse dans des calcschistes du type ordinaire, peu métamorphiques en apparence. En réalité, ce n'est pas la roche basique qui est arrivée, toute formée, du sein de la terre : on ne comprendrait pas, s'il en était ainsi, l'absence totale des *cheminées*. Cette roche n'est, encore un coup, qu'un résidu de liquéfaction : et ce sont les produits plus légers de la même liquéfaction qui ont transformé les assises encaissantes, tantôt, et le plus souvent, en calcschistes, tantôt en gneiss, en amphibolites ou en micaschistes.

C'est ici le lieu de parler de la *quatrième écaille briançonnaise*, ou des lambeaux Eychauda-Prorel. Dans toute la région des Alpes qui, en ce moment, m'occupe, il n'y a rien de plus important, pour le tectonicien, que cette *quatrième écaille*. Je l'ai décrite, dans ce même Bulletin, en 1899. C'est elle encore qui forme l'objet principal d'un long mémoire où je traite *des montagnes entre Briançon et Vallouise*, mémoire qui est actuellement à l'impression.

La *quatrième écaille* est formée, pour une part, de conglomérats oligocènes à galets cristallins et à galets, plus rares, de Trias ou de Lias ; elle est formée encore, *et surtout*, de micaschistes, de gneiss, d'amphibolites et, accessoirement, de roches vertes laminées. Ces assises cristallophylliennes appartiennent indubitable-

ment à la série des Schistes lustrés. Il y a, de plus, vers la base de l'écaïlle, une lame de terrains briançonnais écrasés et étirés : Houiller, Permien, Trias et Malm. Le tout est posé sur les assises les plus jeunes (Flysch ou Malm) du Briançonnais, *tout au sommet de l'éventail*. L'écaïlle est ondulée et plissée comme le sont les assises du socle sur lequel elle repose : elle a donc participé à la déformation de l'éventail.

Mais cette écaïlle est elle-même un paquet plissé. Elle comprend, tout au moins, trois séries d'assises : une série renversée, à la base ; une série normale, dans le milieu ; enfin une deuxième série renversée, correspondant aux deux sommets de l'Eychauda et de Serre-Chevalier. La *lame étirée* de terrains houillers, permien, triasiques et jurassiques, apparaît, tantôt en dessous de la première série, tantôt entre la première et la deuxième. Que ces reploiements soient la cause déterminante, ou qu'ils ne soient qu'un phénomène secondaire de la formation de l'écaïlle, ils sont nettement antérieurs aux ondulations et aux soubresauts qui affectent cette écaïlle. La *quatrième écaïlle* existait donc à la place qu'elle occupe aujourd'hui, et avec la même complexité de structure, avant la déformation dernière de l'éventail.

On ne peut pas douter que la *quatrième écaïlle* ne soit un témoin d'une nappe charriée, venue de l'est, venue, par conséquent, d'une région où tous les plis, actuellement visibles, sont couchés vers l'est. Il y a donc eu, *après la formation de l'éventail*, après la constitution de ce que M. Kilian appelle *l'éventail composé*, il y a eu, dis-je, *retroussement* vers l'ouest, et charriage plus ou moins étendu vers l'ouest, de certains plis de la région orientale de ce même éventail. C'est de ce phénomène que je traiterai un peu plus loin, quand je parlerai des hypothèses tectoniques.

En tout cas, *aucune théorie générale n'est recevable, pour l'explication de la structure du Briançonnais, si elle ne rend compte de l'origine de la quatrième écaïlle*.

Il me reste, pour avoir passé en revue tous les terrains existants, à dire quelques mots du Permo-carbonifère.

Dans le Briançonnais, et dans la partie de la Maurienne qui se trouve à l'ouest du massif de Péclet, ce terrain ne présente aucun *métamorphisme régional*, et même, le plus souvent, aucun *métamorphisme*. Dans le massif de Péclet, et surtout dans le massif de la Vanoise, le *métamorphisme régional* commence : il grandit rapidement, de l'ouest vers l'est, effaçant bientôt, dans l'immense majorité des assises, tout caractère détritique. A partir d'une ligne,

que j'ai définie dès 1891, et qui va de Roche-Chevrière à Pralognan, ce ne sont plus, dans le Permien ou dans le Houiller, que micaschistes, gneiss, quartzites à minéraux, glaucophanites, amphibolites, roches vertes ou roches massives diverses. Dans la Haute-Maurienne (chaîne de la Levanna), le faciès qui domine est celui du *gneiss porphyroïde* à gros cristaux d'orthose. Dans le Val Grisanche et le Val de Rhêmes, des gneiss fins alternent avec des micaschistes : mais il y a aussi, çà et là, *de petits bancs fort irréguliers d'anthracite, témoins des anciennes couches de houille*. A l'est du synclinal de Schistes lustrés de la Grivola, le massif du Grand-Paradis, tout entier, est formé de gneiss porphyroïdes, prolongement de ceux de la Levanna : et il semble que ces gneiss deviennent, au fur et à mesure qu'ils sont plus profonds dans la série, de plus en plus granitoïdes. Au Petit-Mont-Cenis, la série cristalline est identique à celle de la Vanoise. Au sud de la Doire-Ripaire, enfin, les types dominants sont des micaschistes à mica blanc, des gneiss micacés fins et des *gneiss graphitiques*. Les roches massives manquent complètement en France. En Italie, il y a des régions où les diorites et les syénites abondent (Ivrée, Chisone, Val Savaranche), et d'autres régions dépourvues de roches massives (Grand-Paradis).

Les *Casanna Schiefer* de Gerlach, les gneiss du Cervin et du Mont-Rose, les micaschistes du Simplon et les gneiss d'Antigorio sont les prolongements vers le nord-est de cette énorme *série cristallophyllienne permo-carbonifère*.

La puissance est telle que l'on peut se demander si les parties profondes de la série ne sont pas antérieures au Carbonifère, et si l'on n'a pas sous les yeux une *série compréhensive*, embrassant, avec le Permien et le Carbonifère, d'autres étages du Paléozoïque. Il y aurait alors, dans les Alpes occidentales, deux grandes *séries compréhensives* : l'une mésozoïque et néozoïque, correspondant aux Schistes lustrés ; et l'autre primaire, correspondant aux gneiss du Piémont. C'est pour exprimer cette réserve que sur les feuilles « Tignes », « Bonneval » et « Aiguilles », de la Carte géologique de la France à l'échelle de 1/80.000, on a, à ma demande, désigné sous le symbole rx (du Permien au Précambrien) les gneiss du Grand-Paradis, de la Levanna et du Val Pellice.

Mais ce qui est certain, c'est que, tout au moins dans leur partie haute, les assises cristallophylliennes du Piémont — je parle de celles qui sont inférieures aux Schistes lustrés — sont houillères ou permienues. Ce qui est certain encore, c'est que *toute la série cristallophyllienne de la Vanoise est permienne ou houillère*.

comme je l'ai annoncé en 1891; et que, comme M. Marcel Bertrand l'a écrit en 1894, il en est de même des micaschistes et gneiss de l'Aiguille-du-Midi, du Mont-Pourri et du Val Grisanche. La puissance du Permo-Houiller métamorphique atteint *plusieurs milliers* de mètres.

Il n'est que juste de rappeler ici que l'ingénieur Lachat a émis, *il y a plus de quarante ans*, l'idée d'attribuer au Permien les roches feldspathiques et micacées de Modane, et que, il y a trente ans, M. Suess a proposé d'attribuer au Permien une partie des *Casanna Schiefer* de Gerlach. Les coupes que je publie aujourd'hui sont cependant les premières où, *dans son ensemble*, la série des gneiss du Piémont soit rapportée au Permo-Carbonifère. La croyance en l'ancienneté *nécessaire* des gneiss et des micaschistes a jeté, dans l'esprit humain, de profondes racines.

La *série cristallophyllienne permo-carbonifère* correspond à un géosynclinal, de même que la *série cristallophyllienne mésozoïque*: et il semble bien qu'il n'y ait eu, pour les deux séries, qu'un seul et même géosynclinal. La continuité entre les deux systèmes n'est interrompue que par le Trias à faciès briançonnais. Là où ce Trias manque — et le cas est fréquent dans le Piémont — la limite inférieure des Schistes lustrés est très indécise. Le Houiller non métamorphique de Briançon et de la Maurienne, et les terrains secondaires du Briançonnais, correspondent au bord occidental, fréquemment déplacé et troublé, du géosynclinal. C'est plus à l'est, et probablement assez loin vers l'est, que passait l'axe de cette zone déprimée: et je crois bien que, pendant une partie de l'époque éocène, le géosynclinal se trouvait encore à l'est du Briançonnais. Ce n'est qu'à la fin de l'Eocène que le géosynclinal s'est morcelé dans sa région orientale, puis dans sa région centrale, et qu'il s'est alors constitué, dans le Briançonnais même, comme un résidu de ce géosynclinal, où se sont accumulés les dépôts du Flysch.

Tout cela nous montre que *notre chaîne* des Alpes ne correspond qu'à l'un des bords, et à la moitié peut-être — ou pas beaucoup plus — de la région médiane du vaste géosynclinal où la Chaîne véritable s'est lentement préparée. *La moitié des Alpes nous manque.*

Mais revenons à la *série cristallophyllienne permo-carbonifère*. Pour rendre compte du métamorphisme, si intense et si complet, de cette série, il n'y a, comme pour les Schistes lustrés, que deux théories: le *recuit en profondeur, sans apport plutonien*, d'une série d'assises sédimentaires parmi lesquelles s'intercalaient, à l'origine, beaucoup de tufs et de coulées *volcaniques*; et la théorie

plutonienne. J'ai indiqué la première en 1891 et en 1895: il semble que ce soit elle qui ait actuellement la préférence de MM. Franchi, Novarese et Stella. La deuxième théorie me paraît aujourd'hui beaucoup plus satisfaisante. L'une et l'autre supposent, bien entendu, l'enfouissement, à une profondeur relativement grande, des sédiments qui ont subi le métamorphisme: c'est-à-dire la condition géosynclinal.

L'analogie est telle, entre cette série cristallophyllienne permo-carbonifère et la série cristallophyllienne anté-houillère du Mont-Blanc, du Pelvoux et de Belledonne, que la cause du métamorphisme est très probablement la même dans les deux séries. Or, je ne crois pas qu'aucun lithologiste, à l'heure actuelle, hésite à attribuer à une cause nettement plutonienne — je veux dire à l'ascension de fluides chauds venus de la très grande profondeur — le métamorphisme des schistes et gneiss de la zone du Mont-Blanc, de Belledonne et du Pelvoux. C'est par la théorie plutonienne, et seulement par elle, que l'on peut expliquer, et la cristallinité générale, et le renforcement, si je puis ainsi parler, de la cristallinité dans certains faisceaux d'assises, et la production, au sein des assises, d'amas de roches massives, tantôt entourés d'une auréole très nette et se fondant graduellement dans cette auréole, tantôt inertes vis-à-vis des strates encaissantes et nettement séparés de ces strates. Or, tous ces phénomènes se retrouvent dans la série permo-carbonifère. La seule différence est relative à la dimension des amas de roches massives. Dans la série anté-houillère, ces amas ont souvent de formidables dimensions: tels sont ceux du Mont-Blanc et du Pelvoux (granites). Dans l'autre série, les plus gros amas connus, ceux du Chisone (diorites), sont certainement bien plus petits. Mais cette différence n'est qu'apparente. Si l'on pouvait descendre de quelques centaines de mètres sous les assises les plus profondes du Grand-Paradis, il est bien probable que l'on atteindrait le granite, et cet amas granitique dont on devine ainsi la présence sous le Grand-Paradis, doit avoir des dimensions très comparables à celles de l'amas du Mont-Blanc. Il y a, d'ailleurs, dans les chaînes où affleure la série anté-houillère, d'immenses régions de micaschistes et de gneiss où les amas de roches massives sont rares et de faible volume: telle est la chaîne de Belledonne tout entière.

Si, comme je le pense, la théorie plutonienne est la vraie, il faut qu'il y ait eu, dans l'histoire de nos Alpes, *au moins deux* périodes d'ascension des fluides abyssaux: la première, avant le Houiller, correspondant à la phase terminale d'un géosynclinal très ancien,

le géosynclinal d'où est née la chaîne hercynienne ; la deuxième, aux débuts de l'Oligocène, correspondant à la phase terminale du géosynclinal alpin. Il est possible qu'il y en ait eu trois, les deux extrêmes étant celles que je viens de dire, la seconde se plaçant entre le Permien et le Trias. Mais, comme, dans le Piémont, le Permo-Carbonifère, le Trias et les Schistes lustrés semblent former une série sédimentaire continue, et comme, la plupart du temps, le Trias n'est guère moins cristallin que les deux séries qui l'enclavent, j'incline à croire que c'est un seul et même afflux de vapeurs abyssales qui a modifié tout l'ensemble, depuis la base du Houiller jusqu'au sommet de l'Eocène. Peut-être l'afflux en question — qui daterait ainsi, comme j'ai dit, des premiers temps de l'Oligocène — était-il lié au morcellement et au rétrécissement du géosynclinal. C'est le même afflux, en tout cas, qui a métamorphosé les *Bündner Schiefer* et apporté les roches *ophiolithiques* des Grisons. Et je ne doute guère que ce ne soit à lui, encore, qu'il faille attribuer la formation des amas tonalitiques, granitiques et monzonitiques des Alpes orientales.

Je viens maintenant à la discussion de l'hypothèse tectonique, qui se trouve esquissée par le simple tracé, sur mes quatre coupes, des lignes ponctuées dominant la surface du sol.

La dissymétrie de l'éventail briançonnais, déjà très marquée dans les deux premières coupes — les plus septentrionales — devient extrême et tout-à-fait curieuse dans la troisième coupe et dans la quatrième, c'est-à-dire dans la région même de Briançon. Il est probable que, plus au sud, la dissymétrie diminue. C'est ce sur quoi nous serons bientôt fixés par les travaux de MM. Haug et Kilian. En tout cas, la région de Briançon nous apparaît, d'ores et déjà, comme caractérisée par une très grande déformation — sinon par le maximum de déformation — de l'éventail. De là découlent, naturellement, la complexité de la structure, plus grande ici que partout ailleurs, et, par simple conséquence, les longues controverses auxquelles cette structure de la région briançonnaise a donné lieu.

Je me suis attaché, dans ces dernières années, à suivre pas à pas, dans la partie des Alpes dont je traite en ce moment, la *zone axiale* de l'éventail. On dit souvent *l'axe* de l'éventail, pour la commodité du langage. Mais il va de soi, et les coupes le font assez voir, que ce n'est pas une ligne, mais bien une zone, large souvent de plusieurs kilomètres, qui sépare les plis *franchement* déversés vers l'ouest, de ceux qui, *franchement*, se couchent à l'est.

Partout où je l'ai étudiée — et, pour les lieux que je n'ai pas vus moi-même, les renseignements de M. Kilian ou de M. Marcel Bertrand confirment mon impression — cette zone axiale est, tantôt plissée, tantôt, et le plus souvent, confusément *agitée*. Les assises y ont presque toujours une allure indécise, désordonnée, qui devient chaotique à de certains endroits. Partout, par l'examen détaillé de ces assises, on constate de formidables étirements. Tel est le cas du Mont-Jovet, décrit par M. Marcel Bertrand ; tel est le cas de tout le pays de grès à anthracite compris entre le Doron de Brides et la vallée de l'Arc, pays de pauvres mines, où les couches d'anthracite sont toujours extraordinairement irrégulières.

Mais nulle part ces caractères de la zone axiale ne sont aussi nets et aussi frappants que dans le massif de Pierre-Eyrantz, entre le col des Ayes et la Durance. La structure de ce massif est beaucoup plus simple que les notes préliminaires de M. Lugeon ne le faisaient prévoir. C'est l'erreur où nous étions tous, jusqu'à la fin de 1899, au sujet de l'âge des *marbres en plaquettes*, qui entraînait M. Lugeon, et qui nous eût tous entraînés comme lui, à admettre, pour le massif, une structure très compliquée. En réalité, le massif de Pierre-Eyrantz correspond, purement et simplement, à la zone axiale de l'éventail. Le premier pli nettement déversé vers l'est passe un peu à l'ouest du col des Ayes. Le premier pli à déversement occidental bien net passe à l'ouest des grands escarpements, qui, de deux mille mètres de hauteur, dominant la Durance. Entre ces plis, la zone axiale est, le plus souvent, tout-à-fait chaotique. On y observe des étirements qui font disparaître plusieurs centaines de mètres d'épaisseurs d'assises, et même, en quelques points, plus de mille mètres. L'inclinaison est quelconque, et change avec une incroyable brusquerie. Le Lias de Mélézein trouve les *marbres en plaquettes* comme à l'emporte-pièce, et surgit en un dôme aigu. Le Flysch de Chabriller remplit, par contre, une sorte de cuvette aux parois verticales, et confine indifféremment aux calcaires triasiques ou aux marbres crétacés. Plus au sud, dans la région de Furfande, que j'ai traversée en compagnie de M. Kilian, c'est la même indécision, le même chaos, les mêmes étirements.

Or, le socle que forme le plateau de Pierre-Eyrantz et qui, dans Pierre-Eyrantz, ne supporte rien, ce socle se prolonge, de l'autre côté de la Durance, par le socle Prorel-Eychauda. Le sommet de Prorel est une *boutonnière*, ou si l'on veut, un brusque dôme qui correspond, trait pour trait, au dôme de Mélézein. Le Flysch de Prorel qui s'étend, à l'ouest, jusqu'aux cols de la Pisse et de Méa, correspond aux *marbres en plaquettes* de Pierre-Eyrantz et au

Flysch de Chabriller. Le premier pli, qui, nettement, soit couché vers l'ouest, c'est l'anticlinal houiller des Combes et de la Cucumelle, base de la troisième écaïlle. Le premier pli, qui, nettement, soit couché vers l'est, c'est celui qui court sous Notre-Dame-des-Neiges. De Prorel à l'Eychauda, c'est la zone axiale de l'éventail.

Eh bien, sur cette zone axiale, sur ce *sommet de l'éventail*, sur ce socle dont la partie haute est formée par le Flysch, repose la *quatrième écaïlle*, je veux dire un complexe, plissé lui-même, séparé du socle par une lame étirée où se rencontrent tous les terrains briançonnais, complexe où dominent les terrains cristallophylliens des Schistes lustrés. Cette *quatrième écaïlle* se prolongeait évidemment autrefois, peu ou beaucoup, au nord de la Guisanne comme au sud de la Durance. Elle est, comme je l'ai dit, *la clef de la tectonique briançonnaise* : et, qui ne l'explique pas, n'a rien expliqué.

D'où vient cette *quatrième écaïlle* ? De l'est, évidemment ; mais, à coup sûr, d'une région très peu éloignée, puisque la lame étirée qui sépare cette écaïlle du socle renferme beaucoup de Houiller non métamorphique, et que le *dernier* affleurement du Houiller non métamorphique, du côté de l'est, se trouve à Briançon. Comme M. Kilian, en 1898, a découvert à l'Alpet, près du Mont-Genèvre, des conglomérats à galets cristallins, *in situ*, identiques à ceux de l'Eychauda, et que, d'autre part, dans les mêmes parages, il y a, *in situ*, beaucoup de micaschistes et de roches vertes, je crois que la *quatrième écaïlle* vient de là. Elle est le résultat du *retroussement*, et après *retroussement*, du charriage vers l'ouest, des têtes des plis compris entre Briançon et le Mont-Genèvre. Le charriage vers l'ouest, pour les lambeaux que nous connaissons de la *quatrième écaïlle*, n'aurait, de la sorte, que quinze à vingt kilomètres d'amplitude maxima.

La déformation de l'éventail, dont le charriage de la *quatrième écaïlle* n'est évidemment qu'un épisode, a continué après la mise en place de cette écaïlle, puisque celle-ci est ondulée et *agitée* à la façon de son substratum.

Regardons maintenant encore une fois les coupes. Observons l'étonnante dissymétrie de l'éventail, le déversement si net de cet éventail vers l'ouest, la différence d'allure des plis occidentaux, si prolongés, si effilés, si laminés, et des plis orientaux, beaucoup moins aigus et beaucoup moins allongés ; remarquons en outre l'allure si curieuse des plis du Pelvoux, verticalement enracinés, et, dès qu'ils arrivent à une certaine hauteur, couchés vers l'ouest, comme par une force irrésistible ; rappelons-nous que, plus au

nord, dans la région du Mont-Joli, ces mêmes plis de la zone du Pelvoux se couchent jusqu'à l'horizontale et engendrent des nappes à long cheminement ; songeons enfin aux Préalpes et aux Brèches chablaisiennes et suisses, et à la belle synthèse des Alpes suisses si brillamment esquissée, ici même, par M. Lugeon, et cherchons à tout raccorder et à donner à l'ensemble des phénomènes une cause unique et adéquate.

Pour mon compte, je ne puis pas ne pas croire au passage, sur le Briançonnais, *après la constitution de l'éventail*, d'une masse pesante allant de l'est à l'ouest. Ce passage, ce *trainage*, pour mieux dire, me paraît nécessaire pour expliquer la déformation de l'éventail, son déversement vers l'ouest, le laminage de ses plis occidentaux, le *retroussement* de certains de ses plis orientaux et le charriage de la *quatrième écaïlle*, les plissements chaotiques et les étirements formidables que l'on observe dans la zone axiale, même là où il n'y a plus de témoins charriés, enfin le brusque déversement des plis du Pelvoux et leur transformation, plus au nord, en véritables nappes — nappes de Savoie et de Morcles (M. Lugeon). En particulier, j'insiste sur la nécessité du trainage d'une masse pesante pour expliquer les étirements au sommet de l'éventail : car il n'y a pas d'étirement là où les couches ne sont pas devenues plastiques, et les couches ne deviennent plastiques que lorsqu'elles sont fortement surchargées.

La masse pesante qui aurait ainsi rampé sur le Briançonnais, faisant l'office d'un traineau écraseur, ne peut être qu'une nappe détachée de la région interne des Alpes, qu'un morceau de cette moitié des Alpes dont je disais qu'elle nous manque. De même que M. Lugeon est conduit, par la plus pénétrante des analyses, à faire venir, de cette région interne des Alpes, ses nappes supérieures (nappes des brèches jurassiques), de même je suis amené à chercher dans la partie effondrée de la Chaîne l'origine de la nappe qui a écrasé le Briançonnais. Mais la théorie de M. Lugeon est, au moins en grande partie, vérifiable, si même elle n'est pas déjà vérifiée : tandis que, dans nos Alpes dauphinoises, rien ne subsiste plus, du phénomène de trainage, que les petits lambeaux charriés de la *quatrième écaïlle*, et l'aspect général, *qui est bien celui d'un pays écrasé*.

Il y a cependant une confirmation, qui, si elle se produisait véritablement, comme je pense, serait singulièrement impressionnante. C'est celle qui résulterait de l'observation du passage de l'éventail *sous les nappes* des gneiss permo-carbonifères, entre le Petit-Saint-Bernard et le Cervin. Ces nappes de gneiss, dont M. Lugeon a

récemment parlé, semblent bien être des plis couchés vers le nord : et ces plis viennent du bord interne des Alpes. Dans mon hypothèse, la nappe qui aurait fait l'office de traîneau écraseur, ou bien aurait été constituée par des gneiss permo-carbonifères, ou bien aurait *roulé sous elle* des plis de ces mêmes gneiss. Dans un cas comme dans l'autre, des nappes gneissiques, ou des lames gneissiques, auraient passé sur le Briançonnais, et ces nappes ou lames correspondraient aux nappes du Simplon. Nous ne tarderons pas, sans doute, à être, sur ce point capital, parfaitement renseignés.

En tout cas, je ne vois pas d'autre hypothèse qui me satisfasse. S'il n'y avait que la dissymétrie de l'éventail et le laminage de ses plis occidentaux, et même le déversement des plis du Pelvoux, on pourrait se contenter de l'hypothèse d'un refoulement d'ensemble du versant est de l'éventail sur son versant ouest, *ce qui, dynamiquement, ne diffère pas de mon hypothèse*, et revient simplement à placer l'effort dans une zone plus profonde de l'écorce. On supprimerait ainsi les trainages superficiels à l'est de l'éventail, et il n'y aurait plus eu de nappes qu'à l'ouest de celui-ci. Mais il reste la *quatrième écaille*, et il reste aussi les étirements du sommet de l'éventail. Cela, je ne crois pas que l'on puisse en rendre compte sans admettre, à l'est de l'éventail, des trainages superficiels.

En d'autres termes, la déformation de l'éventail briançonnais résulte, évidemment, d'un refoulement intense, dirigé de l'est vers l'ouest, refoulement dont nous ignorons d'ailleurs la cause. Toute la question est de savoir si ce refoulement a atteint la zone superficielle et l'a transportée vers l'ouest, en la découpant plus ou moins et en la roulant sur elle-même ; ou bien si le refoulement n'a pas touché à la zone superficielle et l'a transportée, *d'un mouvement d'ensemble*, avec son substratum. La question ainsi posée me semble résolue ¹.

Dans ma théorie, voici quelle aurait été la succession des phénomènes.

Dès la fin du Westphalien, pendant que, sur l'emplacement de Belledonne, des Grandes-Rousses et du Pelvoux, les plis hercyniens s'accroissent et s'achèvent, un géosynclinal se forme, en deçà du bord interne de la chaîne hercynienne. Le bord occidental de ce géosynclinal se déplace fréquemment. Pendant le Stéphanien, ce bord se tient à l'ouest de la région briançonnaise. Pendant le

1. Cf. la discussion, par M. Suess, de l'hypothèse de M. Holmquist sur le chevauchement scandinave (*La Face de la Terre*, trad. de M. E. de Margerie, tome III, 1^{re} partie, p. 523 et suiv.).

Permien, le même bord se trouve beaucoup plus à l'est. Pendant le Trias, il n'y a, à proprement parler, de condition géosynclinale que dans la partie tout orientale de la zone du Piémont. Puis le géosynclinal s'élargit de nouveau vers l'ouest, reportant jusqu'à Briançon son bord occidental, et, pendant de longues périodes de siècles, les sédiments se déposent, qui sont devenus les Schistes lustrés. A l'ouest du géosynclinal, la région du Pelvoux se plisse (plis anté-nummulitiques). A la fin de l'Eocène, le géosynclinal se morcelle. Des plages *sublittorales* prennent naissance, non seulement dans sa partie orientale, mais aussi dans sa zone centrale : et il se forme, le long du bord occidental, un géosynclinal réduit, ayant tout au plus la moitié de la largeur du géosynclinal mésozoïque. Dans ce géosynclinal réduit s'empilent, sur 1500 ou 2000 mètres de hauteur, les sédiments du Flysch : cependant que, dans la moitié morcelée et déjà plissée, les assises profondes, soumises à un afflux de vapeurs abyssales, subissent un métamorphisme intense et se transforment en schistes cristallins.

Alors se produit une striction énergique, qui non seulement change en un faisceau serré de plis verticaux le géosynclinal, mais encore retentit sur les zones externes, déjà plissées, du Pelvoux et de Belledonne, et aussi sur les zones plus externes, avec une intensité rapidement diminuée. Cette striction façonne la zone briançonnaise en un long et large anticlinal, bordé, de part et d'autre, d'un long et large synclinal. Cet anticlinal et ces synclinaux sont, bien entendu, très complexes. Ils sont sensiblement verticaux. Les plis sont plus serrés et plus aigus à l'ouest qu'à l'est.

A la striction succède un phénomène inverse, c'est-à-dire un desserrement, une *décompression* de la région serrée, correspondant peut-être à un premier effondrement de la zone interne des Alpes. Les plis, jusque là verticaux, se couchent alors sur les zones les plus plastiques, qui sont aussi celles dont l'élasticité est minima. C'est la formation de l'éventail briançonnais. Le déversement des plis, de part et d'autre de cet éventail, était sans doute peu prononcé à la fin de cette phase.

Puis vient un refoulement intense, de l'est vers l'ouest, analogue en intensité à la striction primitive, mais agissant plus près de la surface, et décollant de son substratum une masse importante, prise dans la région interne des Alpes, je veux dire dans la région centrale de l'ancien géosynclinal. Cette masse s'avance vers l'ouest, *roulant sous elle* à l'état de plis couchés, peu à peu effilés, et transformés en *lames*, les assises, déjà plissées, sur lesquelles elle passe. Les plis orientaux de l'éventail se déversent davantage dans leurs

parties profondes — où le refoulement superficiel produit une décompression plus grande — ; dans leurs parties hautes, ils sont *retroussés* et ramenés brusquement vers l'ouest.

Le système en marche, masse supérieure, et plis retroussés qu'elle traîne et roule sous elle, arrive sur le sommet de l'éventail. Il l'écrase et, comme sa marche est lente et indécise, il déforme cette zone où l'allure était déjà hésitante, et l'allure des étages écrasés devient chaotique.

Le système en marche dépasse l'éventail. Il écrase les plis aigus qui, déjà, se couchaient vers l'ouest, et, agissant dans le sens même du déversement originel, il augmente ce déversement. Entre le substratum granitique inébranlable (Pelvoux) et le *traîneau écraseur*, dont le poids est énorme, les plis occidentaux de l'éventail subissent un *véritable laminage* et deviennent un paquet d'écaillés, longuement déplacées les unes sur les autres.

Le Pelvoux, qui est depuis longtemps déjà une région surélevée, oppose au système en marche une barrière. Mais cette barrière est insuffisante. Ici, elle se brise ; là, elle est surmontée. Les parties hautes des plis du Pelvoux se couchent à leur tour sous l'effort du traîneau, qui, toujours, s'avance. Et il y a maintenant, sous le traîneau, des *nappes* de toute nature, fragmentées, laminées et amincies : les unes de gneiss permo-carbonifères, les autres de Schistes lustrés, d'autres de terrains briançonnais, les plus basses, enfin, de terrains du Pelvoux.

Une dernière barrière se dresse, et c'est la longue voûte qui est devenue la chaîne de Belledonne. Elle résiste à l'effort, au moins partiellement, de même qu'elle a résisté, au moins partiellement, à la striction primitive. Et là d'ailleurs, le traîneau s'arrête, et avec lui s'arrêtent les nappes qu'il charrie. Les plis du bord subalpin gardent l'allure *hésitante* qu'ils ont prise après la décompression. La région marginale de Belledonne, où l'on constate les derniers phénomènes d'écrasement et d'intense étirement, correspond à la position extrême du front des nappes. Elles n'iront pas plus loin.

Telle est, pour moi, l'histoire de nos Alpes, et je crois bien aussi l'histoire de toute la chaîne alpine, et de toute chaîne. Les grands charriages que je préconisais en 1899 — et dont avaient parlé, avant moi, M. Marcel Bertrand et MM. Schardt et Lugeon — ces grands charriages ont certainement existé, plus ou moins étendus, dans toute la région des Alpes. Seulement, en 1899, je considérais comme charriées les zones *actuelles* des Schistes lustrés et du Briançonnais : au lieu que ces zones sont, en réalité, autochtones,

et que le système charrié, le traîneau écraseur, est passé *au-dessus d'elles*. Je n'ai fait que déplacer le niveau de l'effort de refoulement, et celui des décollements superficiels que cet effort a dû produire.

On objecte l'ampleur de l'hypothèse. Mais ce sont les phénomènes qui sont amples, ou plutôt c'est notre échelle, à nous autres hommes, qui est petite et mesquine. Il est impossible d'expliquer les coupes des Alpes, aussi bien des Alpes franco-italiennes que des Alpes italo-suisse, sans mettre en jeu des efforts gigantesques et d'immenses déplacements horizontaux. Personne ne croit plus, aujourd'hui, que des plis couchés superposés, comme ceux du Mont-Joli, ou comme ceux des Alpes calcaires de la Suisse, se soient formés à la surface du sol. Mais alors, si les plis couchés se sont formés en profondeur, c'est qu'il y a eu, au-dessus de la surface actuelle, dans ces mêmes régions, d'énormes épaisseurs d'assises, et que les étages voisins de l'ancienne surface subissaient une translation d'ensemble. Je ne pense pas que l'on puisse se soustraire à cette conclusion. Et cette conclusion, qui est toute la théorie exposée, il y a trois ans, par M. Marcel Bertrand, contient en germe toutes mes idées sur l'histoire des Alpes.

M. Lugeon, qui, *le premier après M. Schardt*, a parlé des étages superficiels animés d'un mouvement de translation, semble, dans son dernier mémoire — si beau, d'ailleurs, et si plein de faits nouveaux et de raisons décisives —, avoir abandonné cette idée maîtresse. S'il l'a réellement abandonnée, je crois que c'est à tort. Sans doute, les nappes, en général, comme il le dit, se sont déroulées sans se séparer de leurs racines. Mais ces nappes, qui sont des plis couchés, ne sont pas *la vraie nappe*, celle que j'ai appelée le traîneau écraseur. Ce sont des plis *roulés sous la véritable nappe*, et emportés ainsi dans la translation de celle-ci. Et c'est parce qu'il y a, sur ces plis, un traîneau qui les roule, que l'on voit toujours, comme l'a fortement établi M. Lugeon, le pli d'origine plus lointaine passer sur le pli précédent et aller plus loin que lui. Les vagues *déferlent*, sur la côte ; mais parce que le vent les chasse et les roule. Le traîneau écraseur a fait, sur les vagues de pierre de la chaîne alpine, l'office du vent.

On objecte encore que, les Alpes ayant, du Mercantour au Saint-Gothard, une forme courbe, concave vers l'Italie, les terrains de la région interne n'ont pu s'épancher à la fois, vers l'extérieur, par dessus toute la chaîne. Mais d'abord, il est très possible que les nappes aient été discontinues, et il semble bien, en tout cas, à la seule inspection de mes quatre coupes, que, dans les Alpes franco-italiennes, les masses charriées aient, d'un profil à l'autre, varié

considérablement de poids. Et ensuite, ce n'est pas à la même partie de la région interne qu'ont été empruntées les masses charriées. Une seule chose est commune, dans le phénomène des charriages alpins — je dis commune et je ne dis pas simultanée —, c'est la direction de l'effort de refoulement. Sous l'influence de cet effort, dirigé du sud vers le nord, les terrains de la région interne sont poussés vers l'ancien *Vorland*. Et ces terrains *tendent* partout à s'avancer sur l'ancien *Vorland*; de même que, pressée par la marée montante, *sur tout le pourtour* des golfes et des estuaires, la mer marche à l'assaut des côtes.

Nos controverses sur l'orogénie, depuis la publication de ce livre admirable qu'est l'*Antlitz der Erde*, ne sont plus guère que des querelles de mots. Ceux qui ne veulent pas admettre les grands charriages acceptent cependant les gigantesques refoulements, qu'ils relèguent seulement dans la profondeur. Chacun sait que les Alpes sont plissées, et même que les plis y sont très aigus et très multipliés, et donc que les terrains alpins ont couvert autrefois une surface bien plus grande qu'aujourd'hui. Tout le monde admettra que le resserrement de la zone alpine est d'au moins 150 kilomètres. Mais si le resserrement est, dans son ensemble, de 150 kilomètres, il suffit qu'il n'ait pas été le même à toute hauteur pour qu'il y ait des déplacements horizontaux, des plis couchés et des charriages. Et ce dont il faudrait s'étonner, ce serait qu'il n'y eût pas de semblables déplacements et que le resserrement eût été uniforme.

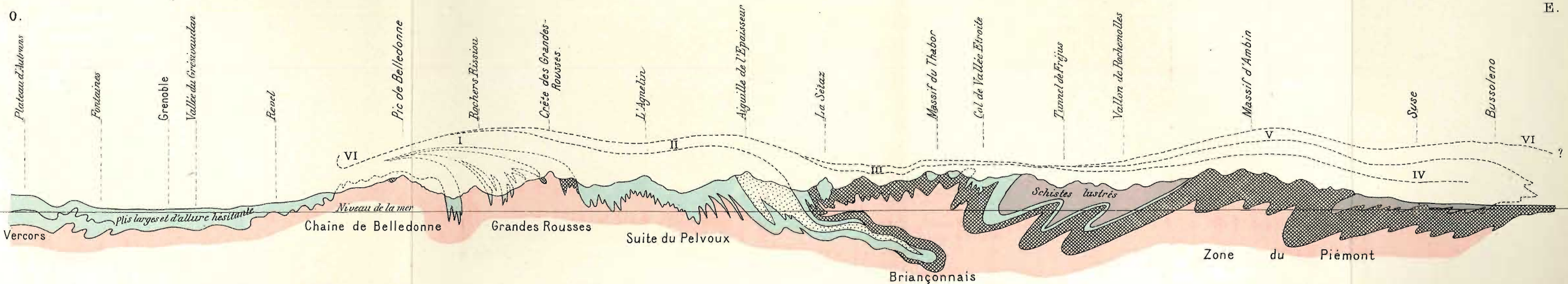
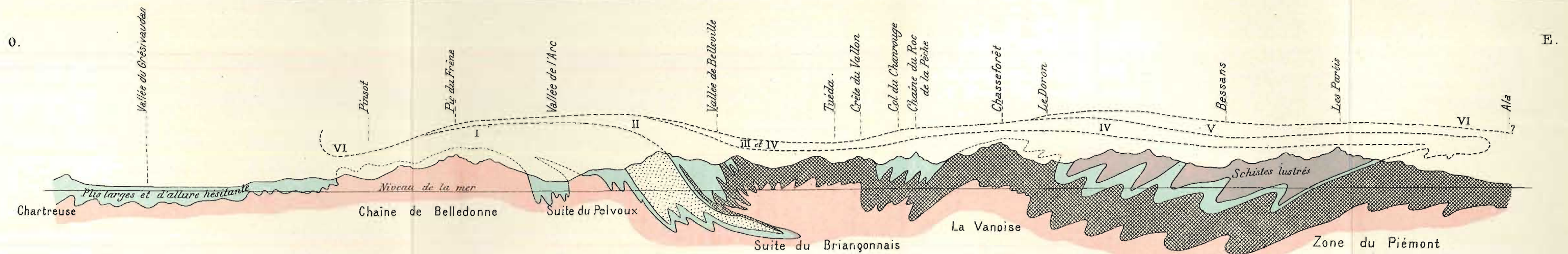
Sous nos hypothèses, et derrière toutes nos controverses, se cache tant d'inconnu, et même tant d'inconnaissable, qu'il serait puéril de pousser plus avant la discussion. Des travaux géologiques exécutés dans les Alpes franco-italiennes depuis une douzaine d'années, il reste, heureusement, autre chose que des hypothèses; il reste que bien des phénomènes sont mieux connus, et qu'une des contrées les plus compliquées et les plus curieuses de la *stratosphère* a livré une grande partie des secrets de sa structure. Je serais largement récompensé de mes efforts, si, par ces quelques pages et ces quatre coupes, j'avais pu encourager les géologues de tous les pays à lire, ou à relire, les articles, les mémoires et les cartes où nous avons, mes collègues et moi, résumé toutes nos observations; et si j'avais pu leur inspirer le désir de visiter le Briançonnais, le Pelvoux, la Vanoise, les hautes vallées piémontaises, toutes ces Alpes méridionales, si variées d'aspect, souvent si fières d'allure, toujours si douces à parcourir dans la gloire des jours d'été.

M. **Léon Janet**, tout en admirant l'ingéniosité des théories développées par M. Termier pour expliquer la structure de ces régions alpines, à l'exploration desquelles il se consacre tout entier depuis tant d'années, demande s'il ne serait pas possible de se contenter d'hypothèses plus simples. Dans le Briançonnais, les lambeaux de ces nappes de charriage sont-ils assez nombreux pour permettre de suivre les mouvements de ces écaillés successives? Ces charriages ont-ils été des phénomènes relativement brusques, ou au contraire ont-ils été très lents?

M. **Boistel** a cru comprendre d'après l'exposé de M. Termier que, suivant lui, le fait du recouvrement serait général dans les Alpes suisses et françaises et s'étendrait notamment entre le Chablais et le Briançonnais. Une objection grave lui paraît devoir être faite contre cette manière de voir. Les Alpes décrivant un quart de cercle dans cette région, il faudrait que les nappes de recouvrement fussent toutes parties du centre ou du voisinage du centre de ce quart de cercle, et elles auraient dû, vers sa circonférence, occuper une surface horizontale plusieurs fois plus grande qu'à leur point de départ. Il comprendrait mieux deux lames divergentes poussées l'une vers le Chablais et les parties plus orientales, où la chaîne est à peu près rectiligne, l'autre vers le Briançonnais, avec un angle vide, ou à peu près, entre les deux lames.

M. **Dollfus** demande quelle distance minimum sépare le lambeau de charriage le plus rapproché des Schistes lustrés positivement en place.

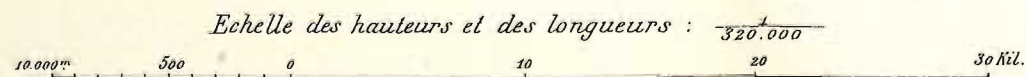
M. **Termier** répond que cette distance est d'une vingtaine de kilomètres.



Légende des terrains existants :

- Nummulitique et Flysch.
- Schistes lustrés, ou série cristallophyllienne mésozoïque, avec roches vertes subordonnées.
- Massifs granitiques, et séries métamorphiques antérieures au Houiller.
- Terrains secondaires, Schistes lustrés exceptés.

Coupes à travers les Alpes franco-italiennes.



Légende des nappes hypothétiques :

- I. Nappes provenant des plis de l'Oisans et du Pelvoux.
- II. Nappe provenant de la zone du Briançonnais.
- III. Nappe mixte comprenant à la fois des terrains briançonnais et des schistes lustrés (4^{ème} écaille du Briançonnais).
- IV. Nappe des Schistes lustrés.
- V. Nappe des Gneiss permo-carbonifères.
- VI. Nappe supérieure, peut-être confondue avec la précédente.

